

Sledování obsahu antimonu v medu

Daniela Koudelníčková

Bakalářská práce
2014

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav inženýrství ochrany životního prostředí
akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Daniela Koudelníčková**
Osobní číslo: **T11676**
Studijní program: **B2808 Chemie a technologie materiálů**
Studijní obor: **Inženýrství ochrany životního prostředí**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Sledování obsahu antimonu v medu**

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte dostupnou literaturu a informační zdroje vztahující se k zadanému tématu.
2. Provedte stanovení vybraných rizikových prvků ve vzorcích medů pomocí AAS.
3. Výsledky kriticky zhodnoťte a formulujte závěry.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. Přidal A.: **Včelí produkty**. MZLU v Brně, 2003. IISBN 80-7157-717-01.
2. Conti, M., E., Botr, F.: **Honeybees and their products as potential bioindicators of heavy metals contamination**. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2001, 69, pp. 267-282.
3. Skácel, F., Bičák, T., Hajšlová, J., Kocourek, V., Tekáč, V., Tomaniová, M., Volka, K.: **Bioindikátory znečištění životního prostředí v České republice**. *Sborník příspěvků ze XIV. Semináře s mezinárodní účastí, Kontaminanty a další rizikové látky v potravinách a ekosystémech*. Praha, 2001, 145, p. 259.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Roman Slavík, Ph.D.

Ústav inženýrství ochrany životního prostředí

Datum zadání bakalářské práce:

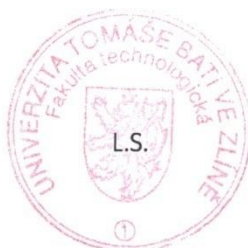
10. února 2014

Termín odevzdání bakalářské práce:

23. května 2014

Ve Zlíně dne 10. února 2014


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




doc. Mgr. Marek Koutný, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: Koudelníčková Daniela

Obor: Inženýrství ochrany životního prostředí

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 7.5.2014.....

Daniela Koudelníčková

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpirá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Tato práce pojednává o rizikovém prvku antimonu v životním prostředí. Pro jeho indikaci byla zvolena včela medonosná (*Apis Mellifera*), která je velmi citlivým organismem z pohledu změn v životním prostředí, a především její produkt – med. Vzorky byly odebrány od včelařů z města Napajedla a blízkého okolí a analyzovány pomocí ICP – OES. Jednotlivé výsledné hodnoty antimonu ve vzorcích byly ve velmi nízkých koncentracích v porovnání s hodnotami uváděnými literaturami, tudíž svou přítomností antimon neovlivňuje lidský organismus ani životní prostředí v dané oblasti.

Klíčová slova: antimon, med

ABSTRACT

This thesis concerns to the risk element antimony in the environment. For the indication was chosen honey bee (*Apis mellifera*), which is a very sensitive organism in terms of changes in the environment and its product - honey. Samples were collected from beekeepers in the city Napajedla and its neighbourhood and analyzed by ICP - OES. Each of the resulting values of antimony in samples were in very low concentrations compared with values published literatures, it means presence of antimony does not affect human health or the environment in the area.

Keywords: antimony, honey

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu své práce Ing. Romanu Slavíkovi, Ph.D. za jeho veškerý věnovaný čas, odborné vedení. Dále mé rodině a nejbližším, převážně sestře a mému příteli, za velkou podporu při studiu na vysoké škole.

V poslední řadě bych také poděkovala Českému svazu včelařů, kteří byli velmi ochotní a k mé práci mi poskytli vzorky medu k analýze.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně 21. 5. 2014

.....

Daniela Koudelníčková

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 VČELÍ PRODUKT - MED	11
1.1 VZNIK, ZÍSKÁVÁNÍ A UCHOVÁNÍ MEDU.....	12
1.2 FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI VČELÍHO MEDU	13
1.3 CHEMICKÉ SLOŽENÍ VČELÍHO MEDU	14
1.3.1 Těžké kovy	15
1.3.1.1 Původce obsahu antimonu a jeho sloučenin v medu	17
2 BIOMONITORING RIZIKOVÉHO PRVKU ANTIMONU V MEDU POMOCÍ VČELY MEDONOSNÉ	21
2.1 SLEDOVÁNÍ RIZIKOVÉHO PRVKU A OSTATNÍCH TĚŽKÝCH KOVŮ V MEDU.....	23
2.1.1 Chemické vlastnosti a působení antimonu na lidský organismus.....	25
2.2 LEGISLATIVNÍ PRVKY VZTAHUJÍCÍ SE K VÝSKYTU ANTIMONU V MEDU A VČELÍCH PRODUKTECH	26
II PRAKTICKÁ ČÁST	28
3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	29
3.1 PŮVOD VZORKŮ MEDU	29
3.2 POUŽITÉ CHEMIKÁLIE A LABORATORNÍ PŘÍSLUŠENSTVÍ	30
3.3 POUŽITÉ PŘÍSTROJE	30
3.4 ANALÝZA ODEBRANÝCH VZORKŮ MEDU	30
3.4.1 Způsob odebrání a uchování vzorků medu	30
3.4.2 Mineralizace vzorků medu	31
3.4.3 Stanovení rizikových prvků v mineralizovaném vzorku medu.....	31
4 VÝSLEDKY A DISKUZE	32
4.1 VÝPOČET MAXIMÁLNÍ DENNÍ DÁVKY ANTIMONU V MEDU	34
ZÁVĚR	37
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	38
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	43
SEZNAM OBRÁZKŮ	44
SEZNAM TABULEK	45

ÚVOD

S rostoucí průmyslovou činností, resp. s celkovým antropogenním vlivem, dochází v dnešní době k neustálému zvyšování koncentrace škodlivin v životním prostředí. Jedním z možných postupů pro určení škodlivin v životním prostředí může být bioindikace organismy citlivými na tyto změny. Příkladem vhodného bioindikátoru v životním prostředí může být i včela medonosná (*Apis Mellifera*). Včela medonosná reaguje velmi citlivě na změny v životním prostředí (toxické imise, pesticidy, změna krajinné struktury aj.). Těmito postupy lze získat výsledky velmi shodné s výsledky provedenými vzorkováním.

Včela medonosná přichází do styku s životním prostředím svou každodenní činností díky své opylovací činnosti. Rostliny fytoemediací přijímají škodliviny z půdy nejprve kořeny, z kterých jsou dále kumulovány do své celkové struktury, tudíž budou škodliviny zakomponovány také v květu a pylu.

Jedny z nejvýznamnějších škodlivin nacházejících se v životním prostředí jsou těžké kovy. V přírodě lze nalézt přibližně 80 kovů, zaznamenaných v periodické soustavě prvků, přičemž 30 z nich je nazýváno jako těžké kovy. [1] V současné době jsou zasaženy všechny složky životního prostředí těžkými kovy díky jejich schopnosti akumulace a perzistence. Těžké kovy jsou akumulovány v živých organismech a přenášeny v celém potravinovém řetězci.

Má práce pojednává o stanovení jednoho z těžkých kovů antimonu ve vzorcích medů. Medy byly odebírány od členů Základní organizace Napajedla ve snůškovém období roku 2012. Zájmovou lokalitou byla bydliště nebo včelařské působení těchto členů v Napajedlech a okolních obcích. Výsledky byly graficky zpracovány a vyšší hodnoty antimonu ve vzorcích medu odůvodněny.

V posledních 20 letech dochází ke značnému zvýšení antimonu v životním prostředí z důvodu jeho zvýšeného využití v automobilech jakožto brzdné destičky. V současnosti je taktéž široké využití sloučenin antimonu při katalyzované výrobě PET lahví, kde se jako velmi účinný katalyzátor antimon používá. Z 80 % světové průmyslové produkce antimon pochází z Číny, kde slouží v mnoha výrobcích (plasty, textilie aj.) jako výborný zpomalovač hoření.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 VČELÍ PRODUKT - MED

Med je pro lidstvo už od dávných dob velmi cennou potravinou. Sloužil jako jediné sladidlo až do průmyslové revoluce, kdy jej nahradil cukrovarský průmysl. [2]

Ve většině literatur je med definován: „Medem se rozumí potravina přírodního sacharidového charakteru, složená převážně z glukosy, fruktosy, organických kyselin, enzymů a pevných částic zachycených při sběru sladkých šťáv květů rostlin (nektar), výměšků hmyzu na povrchu rostlin (medovice), nebo na živých částech rostlin včelami (*Apis mellifera*), které sbírají, přetvářejí, kombinují se svými specifickými látkami, uskladňují a nechávají dehydrovat a zrát v plástech“. Znění této definice je obsaženo i v dokumentu Codex Alimentarius. [3]

Med je tedy látkou připravenou včelami ze sladkých šťáv, produkovaných rostlinami, a je uložen v plástech. Jeho funkcí je sloužit jako potrava pro období zimních měsíců klidu.

Prameny medu:

Podle původu lze med rozdělit do tří kategorií:

- a) Med květový
- b) Med medovicový
- c) Med smíšený (medovicový i nektarový). [4]

Med květový

Med květový, jak již vypovídá z názvu, vzniká ve květech rostlin. Každý květ obsahuje velmi různě rozmístěny zvláštní žlázy, nektárie, ve kterých se tvoří nektar. Květ je postaven tak, aby se hmyz, sbírající nektar, oťrel o prašníky a bliznu a mohl tak přenést pyl a tím zúrodnit květ. Tento proces je tedy přívětivým jak pro včelstvo, tak pro samotnou rostlinu. [5] Sekrece nektaru žlázkami květu není lehkým úkolem, závisí na mnoha činitelích, a to interními i externími. V první řadě má vliv na sekreci nektaru stav rostliny, množství a postavení květů na rostlině, dále teplota a vlhkost ovzduší, současné počasí, ale i roční období. [6]

Med medovicový

Med medovicový vzniká činností producentům tzv. medovice. Medovici produkuje přes 1000 druhů mšic a červů, kteří využívají nejčastěji jako živnou dřevinu smrk. Pro včelařské využití má význam asi jen 40 druhů hmyzu. Jednotlivé druhy hmyzu mají hodně spo-

lečných znaků, takové druhy se společnými znaky řadíme do rodů a rody následně do čeledi. Mimo jiné můžeme zařadit k producentům medovice i mery, které mají pro včelařské využití již menší význam. [7]

1.1 Vznik, získávání a uchování medu

Všechny včelí produkty, medem počínaje, vznikají velmi koordinovanou činností včelstva jako jednoho celku – organismu, jehož jedinci jsou schopni žít způsobem sociálního života. Je tedy zřejmé, že na procesu vzniku medu je důležitá účast celého včelstva. Velmi důležité je připomenout i vliv rostlin, díky kterým včely získávají potravu. [3] Některé rostliny vylučují velké množství nektaru, některé jen kapénky. Na vyloučení nektaru se podílí několik činitelů, a to půdní poměr (množství kyseliny fosforečné v půdě) a klimatický a povětrnostní činitel. [4]

Sladké šťávy jsou sbírány létavkou a uloženy v jejím medovém váčku, následně jsou přenášeny do úlu. Při nasávání jsou šťávy obohaceny o sekret žlázy hltanové, dochází k přidání dusíkatých látek, kyseliny a baktericidních inhibinů, některé z těchto uvedených látek poté způsobí zrání medu. [5] Na zrání medu se podílejí také enzymy. Po přiletu včely do úlu, včela naplní buňky v plástu. Jakmile klesne hodnota obsahu vody pod 20 % buňky, plásty jsou uzavřeny neprodyšným voskovým víčkem. Při sklizni včelař odebírá již plné plásty, odstraní víčka a med vytáčí pomocí tzv. medometu. Teplota plástů má teplotu úlu, což činí 30 až 40 °C, při otevření dojde k vyrovnání teploty s okolní teplotou prostředí a nastává krystalizace medu. Tento způsob odebírání medu je nazýván “za studena“. [8]

Dalším způsobem získávání medu může být naopak teplá cesta. Získané kusy plástů jsou rozdrceny a vloženy do nádoby obsahující vodu. Voda je zahřívána na bod varu a plásty jsou zbaveny vosku. Vykapávaný čistý med je velmi podobný medu stáčenému do medometu. Tímto způsobem však nelze dokonale vyprázdnit buňky v plástu.

Med je možno uchovávat v nádobách dřevěných, kameninových, skleněných i kovových, avšak je nutno dbát na nezávadnost použitého kovu. Dále musí být splněny podmínky skladovací místnosti (místnosti chladné, suché a čisté). [5]

1.2 Fyzikální vlastnosti včelího medu

Viskozita

Jako viskózní tekutinu je možno uvést čerstvě vytočený med. Viskozita je závislá na mnoha různých faktorech. Jedním z hlavních faktorů je obsah vody a teplota. Viskozita nám slouží jako velmi důležitý technologický parametr medu. Ovlivňuje čerpání medu, čření, filtraci a další technologické postupy. Charakteristickým typem viskozity můžeme uvést tixotropii, již vykazují některé typy medu. Tyto medy se chovají jako rosol. [3]

Krystalizace

Krystalizace je proces, ve kterém dochází k fázovému přechodu látky z kapalného stavu do tuhého [9]. Je výchozím faktorem o konzistenci medu, jež rozhoduje, jestli med bude mít konzistenci tekutou, krémovou nebo pevnou. Na krystalizaci medu se podílí sacharidové složení medu, přesněji monosacharidy glukosa a fruktosa a dále voda. Glukosa špatně interaguje s vodou, a proto tvoří krystaly, naopak fruktosa je dobře rozpustná ve vodě a také pohlcuje vzdušnou vlhkost, tudíž schopnost krystalizace je menší. Lze tedy odvodit, že med s menším podílem vody bude krystalizovat rychleji. [8]

Specifická otáčivost

Specifická otáčivost medu, neboli stáčení roviny polarizovaného světla, je závislá na původu medu. Květové medy stáčí rovinu polarizovaného světla vlevo v důsledku fruktosy, naopak díky melecitose, sacharose a dextrinům medovicové medy stáčí rovinu polarizovaného světla napravo.

Dalšími fyzikálními vlastnostmi medu může být konzistence, [5] povrchové napětí, hustota nebo barva. [3]

1.3 Chemické složení včelího medu

Pokud začneme s chemickým složením z pohledu obsahu složky na kvantitu medu, budeme se nejprve zabývat vodou a sacharidy.

Voda

Voda tvoří v průměru 17,2 % obsahu medu, přesné množství vody závisí na stupni zralosti medu. [5] Skladovat medy i několik let, bez následku kvašení, můžeme pouze medy s obsahem vody nižším než je 18 %. [3] Pokud bude med uložen ve vlhkých místnostech, dojde k postupnému pohlcování vody z ovzduší a med se začne zředovat, naopak u medu v suchém prostředí se na povrchu medu začne tvořit tuhý film medu. Jak už bylo dříve řečeno, hygroskopičnost medu závisí hlavně na přítomnosti a množství fruktosy. [5]

Sacharidy

Sacharidy tvoří 95 – 99 % sušiny medu. Hlavní procentuální podíl tvoří monosacharidy glukosa a fruktosa. Tyto převažující sacharidy mají vliv na většinu nutričních a fyzikálních vlastností medu. Z disacharidů zde můžeme nalézt sacharosu v přibližném zastoupení 1,3 % a jako trisacharid zde komponuje melecitosa. Výskyt melecitosy je převážně v medovicovém medu, a to z 2,3 % jeho složení. V medu květovém v některých případech zcela schází nebo je přítomna jen ve velmi zanedbatelném množství oproti medu medovicovému. Původ melecitosy v medovici může být jak primární, tudíž přímo z medovice, tak sekundární v důsledku působení enzymů v medu. Z heteropolysachridů jsou zde zastoupeny dextriny.

Organické kyseliny

Organické kyseliny jsou v medu zastoupeny jen jako minoritní komponenty. Nejvýznamnější z nich je enzym živočišného původu - kyselina glukunová. Tato kyselina vzniká působením enzymu glukosooxidasy na glukosu. V hojnějším zastoupení jsou zde organické kyseliny rostlinného původu (kyselina pyrohroznové, jablečná, citrónová, vinná aj.). [3]

Vitamíny

Z vitamínů jsou v medu zastoupeny převážně vitamíny rozpustné ve vodě, jakožto vitamín B₁, B₂, B₆, biotin, niacin, vitamín C a další. Vitamíny lipofilní nalezneme jen zřídka.

Enzymy

Pod pojmem enzymy rozumíme bílkoviny, které jsou schopny urychlit průběh biochemické reakce v organismu. Enzymy zde nalezneme jak původu rostlinného (kataláza, kyselá fosfatáza) tak od včelích původců (sacharáza, diastáza a glukosooxidáza). [8]

Minerální látky

Zastoupení minerálních látek v medu se nachází v minimálním množství. [3] Dle obsahu zastoupení je nejvýznamnější draslík, dále vápník, sodík, hořčík a ve velmi malém zastoupení železo, mangan, měď a další. [8]

Některé kovy tedy patří k biogenním prvkům neboli esenciálním. Biogenní prvky dělíme na makrobiogenní prvky, [10] prvky nezbytné pro správnou životní funkci vyšších živočišných druhů, [11] za které lze považovat Na, K, Fe, Ca, Mg. Z mikrobiogenních prvků, lze usoudit, že budou v organismu zastoupeny jen ve velmi malém množství, ale mají velmi důležitou specifickou funkci v organismu, a to katalytickou. Zde můžeme například zařadit Cu, Co, Mo, Mn. V současné době, v důsledku antropogenní činnosti, se tyto kovy a mnohé další biogenní kovy, vyskytují v organismech a ekosystémech ve větší koncentraci než je jejich původní a způsobují zátěž pro životní prostředí a lidský organismus.

Ke zvýšení koncentrace kovů v životním prostředí nedochází jen u biogenních prvků, ale i u ostatních kovů. Všechny tyto kovy jsou nazývány „Těžké kovy“. [10]

1.3.1 Těžké kovy

V důsledku antropogenní činnosti, lze pozorovat zvýšení koncentrace velkého množství prvků a jejich sloučenin, z nichž nejvýznamnějšími polutanty jsou těžké kovy. [11]

Jako těžký kov lze definovat prvek, u kterého jeho specifická hmotnost převyšuje nebo je rovna 5 g/cm^3 . [12] V tomto případě je tedy možno do těžkých kovů zařadit i antimon, jehož specifická hmotnost činí $6,684 \text{ g/cm}^3$. [13]

Do těžkých kovů můžeme zařadit prvky biogenní neboli esenciální i prvky neesenciální. Za toxické kovy budeme považovat prvky, které nejsou obsaženy v organismech přirozenou cestou, tudíž jen neesenciální.

Těžké kovy jsou především hlavními zdroji průmyslové aktivity, jakožto energetika, výroba kovů, těžba a zpracování rud a automobily. [11]

Jako nejnebezpečnější kontaminanty z těžkých kovů v současném životním prostředí můžeme uvést olovo, kadmium a rtuť. [10]

Olovo

Zmínka o olovu je již ze starověku, kde byl používán do glazur, pigmentu a jako potrubí. V současnosti je olovo a jeho sloučeniny využíváno v hutním průmyslu, energetice a na výrobu olovnatého skla.

Olovo v organismu značně zasahuje do metabolismu a ovlivňuje krevtvorbu, avšak většina olova po perorálním podání je vyloučena stolicí. Olovo je kumulativním jedem a je podezření, že vykazuje i karcinogenitu.

Kadmium

Zdrojem kadmia a jeho sloučenin je jeho rozsáhlé využití v průmyslu. Kadmium pro své antikorozi vlastnosti slouží jako ochrana proti korozi plechů využívaných v automobilovém průmyslu, dále je přidáván do mnoha slitin díky svým výborným mechanicko-chemickým vlastnostem, především do slitin mědi. V zemědělství je využíván jako přísada do některých přírodních fosfátů. Je také součástí fosilních paliv, tudíž jeho emise jsou hromaděny ve vodě a půdě a odtud vstupují do potravního řetězce. [13]

Kadmium je velmi toxický prvek. Je také závažný z pohledu akumulace v životním prostředí a organismu. [11]

Kadmium způsobuje inhibici – SH skupin u enzymů, [14] souvisí s tvorbou vitamínu D, jelikož ovlivňuje metabolismus vápníku, [11] poškozuje pohlavní orgány i plod.

Do organismu kadmium vstupuje nejčastěji skrz plíce, kde je zachyceno a následně proniká do krevního plicního řečiště. Z pohledu retence jsou pak zasaženy játra. Jelikož se v organismu kadmium dokáže kumulovat, i v myokardu a stěnách velkých cév, může způsobit až poruchy srdečního svalu, zvláště levé komory. [13]

Rtuť

Jako nejvýznamnější průmyslový jed lze zařadit rtuť a její sloučeniny. [14]

Rtuť se do životního prostředí dostává převážně už během své výroby a zpracování, [13] dále z barev, teploměřů, moření osiva, elektrotechnických zařízení a katalýze chemických syntéz. [10]

Obdobně jako kadmium rtuť způsobuje inhibici enzymů – SH skupin. Jako příklad vysoké afinity k – SH skupině lze uvést alkylsloučeniny rtuti, z nichž nejvýznamnější je methylrtuť. Významnou vlastností těchto sloučenin je změna permeability buněčných membrán. [14] Kovová rtuť má tedy schopnost přeměny, a to působením mikroorganismů, na organické sloučeniny rtuti, které jsou již výrazně toxičtější, těkavější a schopny akumulace. [10]

Elementární kovová rtuť je velmi těkavá látka, tudíž se dostává velmi snadno do plic. V trávicím traktu se rtuť prakticky nevstřebává, jelikož je ve vodě nerozpustná. Při akutní intoxikaci jsou nejvíce zasaženy ledviny.

Významné jsou organické sloučeniny rtuti a to methyl- a ethylrtuť sloučeniny stálé v organismu a fenylrtuťnaté sloučeniny v organismu nestálé. Na rozdíl od elementární rtuti jsou alkylsloučeniny rtuti velmi dobře vstřebávány v trávicím traktu. Při otravě těmito sloučeninami dochází k neurologickým příznakům především v oblasti periferních nervů, poškození plodu. [13]

1.3.1.1 Původce obsahu antimonu a jeho sloučenin v medu

Antimon je jedním z nejdéle známých a využívaných prvků člověkem společně s dalšími prvky 15. skupiny v periodické soustavě prvků. [15] Jeho využití je zaznamenáno již ve středověku. [16] Jeho první použití bylo v oblasti kosmetiky jako černá barva pro zvýraznění obočí. [15] V 15. století byl antimon popsán jako samostatný kov vědcem Basilem Valentinem. [16]

Výskyt antimonu v přírodě v jeho ryzí formě je ve velmi malém měřítku. Ve formě sloučenin lze antimon nalézt jako sulfid či oxid. Nejvýznamnějším a nejhojnějším minerálem v přírodě, obsahující antimon, je antimonit Sb_2S_3 . Dalším příkladem výskytu antimonu je pyrargyrit Ag_3SbS_3 . Antimon také existuje ve formě dvou izotopů. [15]

Velmi čistý antimon lze připravit elektrolyticky. Z antimonitu lze antimon vyrobit pražením a následnou redukcí oxidu antimonitého uhlím nebo jeho tavením se železem.

Antimon je šedobílý, lesklý, velmi křehký kov sestávající z hexagonální struktury. Za vyšší teploty je možné jej oxidovat na jeho těkavou formu (oxid antimonitý), či netěkavou formu (oxid antimoničný). Dále za vyšší teploty reaguje se sírou, arsenem, fosforem a kovy. Antimon neexistuje jen v kovové formě, ale i v dalších dvou modifikacích a to jako žlutá modifikace, která je schopna přecházet v černý antimon. [16]

Použití antimonu je v poslední době značně rozšířené. Antimon je výborným zpomalovačem hoření. [17] Jeho hojné využití také nalezneme v metalurgii, kde se používá do slitin, zejména typografických, příkladem může být liteřina. [16] U motorových vozidel slouží jako brzdové destičky [17] či jako přísada při vulkanizaci pneumatik. [18] Dále je součástí barviv. [17]

Antimon v životním prostředí a organismech

Využití antimonu je zaznamenáno již od středověku, avšak v posledních dvaceti letech na sebe antimon velmi upozornil nemalým zvýšením jeho množství v životním prostředí. Důkazem mohou být i studie atmosférických emisí antimonu zveřejněných v roce 2014 od slovenských autorů Viera Vojteková a kol., kdy byly tyto emise více sledovány od devadesátých let minulého století. Zatímco v roce 1989 bylo uvedeno jako 41 % atmosférických emisí antimonu přírodními činiteli. V roce 2005 bylo v gravitačním prašném spádu naměřeno přibližně 50 tun antimonu z přírodních zdrojů a 150 tun antimonu antropogenních zdrojů. V nynějším roce 2014 se již hovoří o mnohem výraznějším zvýšení antimonu, a to až desetinásobně. [18]

Mnohé studie množství antimonu v životním prostředí jsou však zaměřeny na známé kontaminující antropogenní zdroje a jejich okolí. Příkladem mohou být doly určené k těžbě rud, zpracování minerálů, spalovny odpadu či frekventované silniční provoz. Takto provedené studie nám mohou poskytovat velmi neobjektivní výsledky, prezentují Reinmann a kol. Je tedy velmi důležité provést tato měření antimonu v různých vzorcích a odlišných měřících. Avšak podle mnoha studií lze jednoznačně říci, že došlo k výraznému zvýšení množství antimonu v životním prostředí.

Jako hlavním globálním producentem antimonu je z 80 % Čína v době několika desetiletí. Tato produkce v posledních letech roste z důvodu širokého využití antimonu jako přísady do retardérů hoření v textilním či plastikářském průmyslu. V důsledku hornické činnosti dochází ke kontaminaci antimonem řek a jezer. Z pohledu celkového zasažení životního prostředí antropogenními činiteli jsou zasaženy všechny složky životního prostředí. V případě půd jsou zasaženy všechny typy půd včetně huminových. [19]

Hlavním původcem antimonu v půdě a povrchových vodách je ovzduší, do kterého se dostává antimon ve formě částic obsažených v emisi z průmyslové aktivity a převážně z motorových vozidel. [20] Součástí motorových vozidel jsou brzdové destičky, v současnosti považovány za jeden z hlavních zdrojů antimonu v ovzduší. [21] Dalším

možným původcem jsou odpadní vody znečišťující vody povrchové, a to zejména odpadní vody ze strojírenského průmyslu, koželužen, důlních činností aj. Pokud je zajištěno čištění těchto odpadních vod, problém pak bude přenesen na vzniklé kaly. [13]

Z půdy je antimon a ostatní těžké kovy přijímán rostlinami a následně potravním řetězcem šířen živočichy. Tyto kovy jsou ve větší míře organismy vylučovány, avšak část se usazuje v organismu trvale. [11]

Clemens Reimann a kol. v roce 2010 publikovali obsah antimonu v půdách a rostlinných produktech. Uvedené množství antimonu v orných půdách naměřeno v roce 2000 v Praze bylo 0,9 mg Sb/kg půdy. Střední hodnota množství antimonu v mechu byla 0,16 mg Sb/kg. [19]

Antimon a ostatní těžké kovy jsou rostlinami přijímány z půdy fytořemediací. V největší míře jsou těžké kovy hromaděny v kořenech rostlin. Příkladem mohou být studie, zveřejněné v roce 2014 autory Wilson Susan C. a kol., provedené na různých vzorcích zeleniny. Nejvyšší koncentrace antimonu byla analyzována v mrkvi (kořenová zelenina) vůči jiným druhům rostlin. [22] Dále je antimon kumulován v listech, stoncích, plodech a v nejmenší míře v semenech. Pokud se na tuto problematiku podíváme z pozitivního hlediska, je tedy možné využít některé druhy rostlin jako sanační zásah k odstranění těžkých kovů v půdě. Transport kovů do některých vhodných částí rostlin závisí na klimatických a půdních podmínkách a genotypu rostliny. [11]

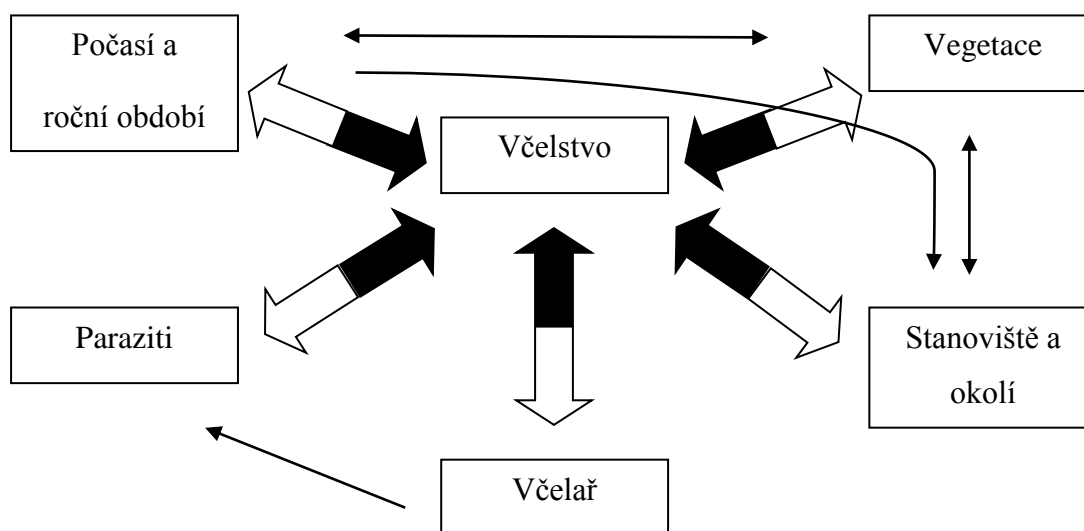
Ve velmi malém množství je také možno kontaminovat potravinový řetězec nepřímým činitelem. Antimon a jiné těžké kovy (olovo, kadmium, zinek aj.) se uplatňují v keramickém průmyslu jako přísada do glazur, odkud může docházet k jejich postupnému uvolňování působením slabých organických kyselin, které jsou součástí některých potravin. Takto kontaminované potraviny a nápoje mohou při požití ve větší míře vyvolat u konzumentů akutní intoxikaci. [13]

Dle nově uváděných studií prezentovaných v roce 2013 María Sánchez – Martínez a kol., byl označen jako možný problém migrace antimonu resp. oxidu antimonitého z PET, kde oxid antimonitý slouží jako hlavní katalyzátor. Přibližně 90 % světově průmyslově vyráběných PET obsahují tuto sloučeninu. Komerčně vyráběné PET obsahují 190 – 300 μg Sb/g. Při dlouhodobějším skladování PET lahví dochází ke zvýšené kontaminaci balených vod antimonem loužením. Provedené zkušební podmínky byly řízeny dle Evropského nařízení 10/2011, migrace byla analyticky testována dle ICP – OES. Výsledné hodnoty migrace

antimonu činily 0,5 až 1,2 $\mu\text{g Sb/l}$. Tyto hodnoty byly hluboko pod maximální přípustnou migrační hodnotu antimonu 40 $\mu\text{g Sb/l}$. [23]

2 BIOMONITORING RIZIKOVÉHO PRVKU ANTIMONU V MEDU POMOCÍ VČELY MEDONOSNÉ

V přirozených přírodních podmínkách jsou včely ovlivňovány mnoha faktory stejně jako flora a fauna. Jsou úzce spjaty s ročním obdobím a klimatem. [24] Příkladem může být i délka života dělnic, které jsou schopny žít déle v období zimního klidu, a to 6 až 8 měsíců. V letních měsících je délka života dělnic mnohonásobně kratší od 1 až 2 měsíců. [5]

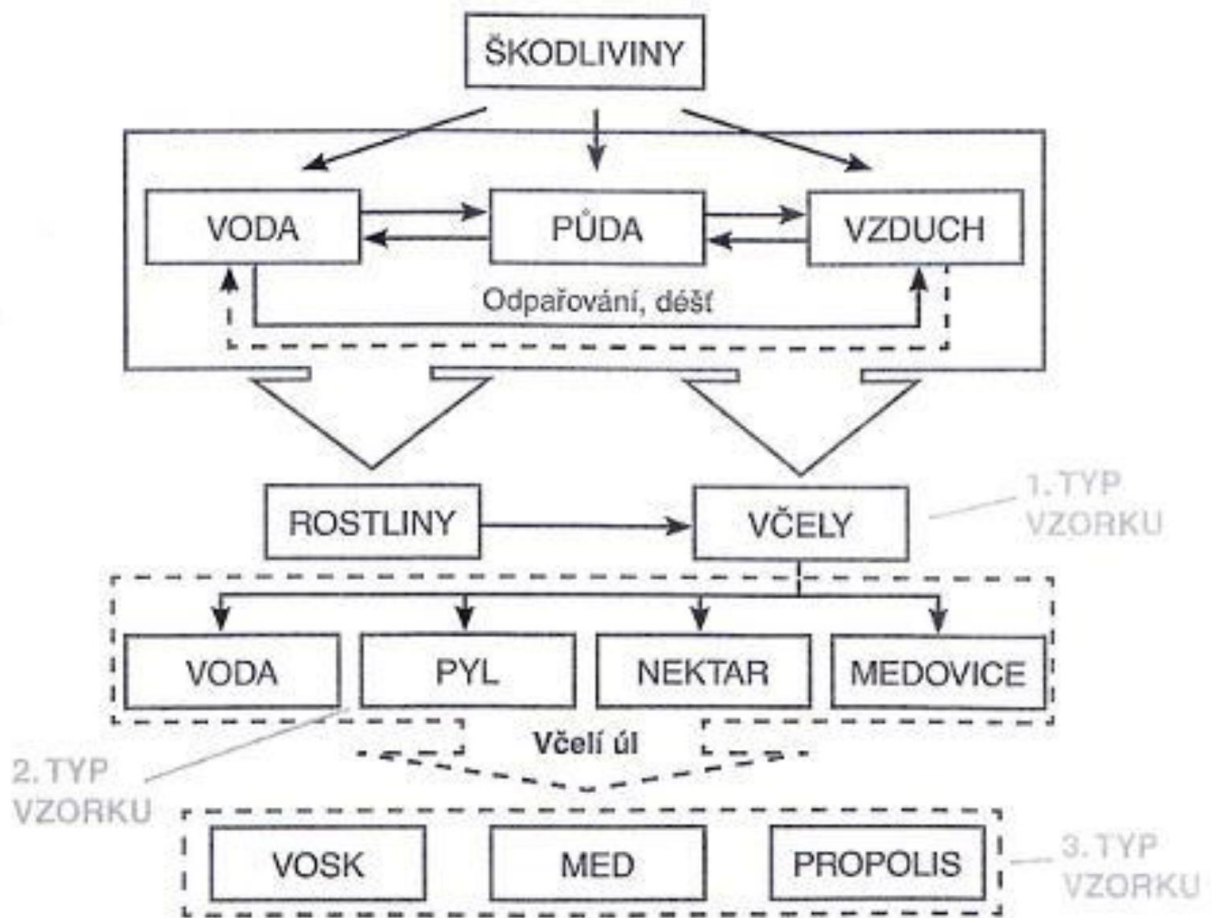


Obrázek 1: Oboustranný vliv včelstva a přírody [24].

V současné době je chov včely medonosné rozšířen po celém světě. Včela medonosná poskytuje člověku mnoho ze svých produktů. Těmi jsou med, vosk, propolis, mateří kašička, jed a pyl.

Nejvýznamnější činností včely medonosné však zůstává opylování. Některé literatury uvádí, že včela medonosná poskytuje nepřímým způsobem až 1/3 lidské výživy.

Nyní je včela medonosná taktéž považována za velmi důležitý organismus v souladu s životním prostředím, jejíž činností je utvářeno, udržováno a rozvíjeno. V důsledku současné zvýšené antropogenní činnosti na životní prostředí dochází k citlivým reakcím u včel. Nejvýznamnější negativní dopad na včelu medonosnou mají pesticidy, které způsobují její otravu, dále pak toxické imise a nevhodná krajinná struktura. Díky zvýšené citlivosti včel na změny v životním prostředí antropogenní činností se včela medonosná stává významným citlivým bioindikátorem. [3]



Obrázek 2: Interakce včely medonosné s životním prostředím a znázorněné možnosti odběru vzorku pro provedení biomonitoring [25].

Příkladem citlivosti včel na životní prostředí může být tzv. těšínská choroba. Takto vzniklá choroba na Těšínsku ve 30. letech způsobila hromadný úhyn včelstva, jednalo se o otravu včel arsenem.

Včely v současné době slouží pro mnohé důlní činnosti jako bioindikátory půdy. Při odběru nektaru a pylu rostlin včelou, jsou současně čerpány i minerální látky (např. Pb, Mn, Zn, Cu aj.), které jsou součástí půdního roztoku. Takto vzniklé včelí produkty budou mít zvýšené množství hledaných kovů. Včelí produkty budou tedy signalizovat výskyt a množství daných kovů v půdách, nejen esenciálních.

Dalším možným využitím včely medonosné může být ochrana rostlin nebo dokonce hledání min a bomb, kde je využíván výborný čich dělnic. Dělnice jsou schopny v 99 % případů lokalizovat ukryté chemické výbušniny. [3]

2.1 Sledování rizikového prvku a ostatních těžkých kovů v medu

Obsahem rizikových látek, převážně těžkých kovů v půdě vzhledem k životnímu prostředí, se zabývá Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (ÚKZUZ). Tento ústav monitoruje tudíž i antimon. Zájmovým územím je les, orná půda a travnaté plochy ve třech horizontech (organický, organominerální a minerální). Bylo zjištěno, že nejvyšší koncentraci antimonu v mg/kg obsahuje les, a to ve svém organickém horizontu. [26]

Dlouhodobým studiem a hodnocením těžkých kovů v České republice se zabývají práce Starého a kol. Tyto práce obsahují výsledné hodnoty odebraných vzorků z oblastí kontaminovaných i nekontaminovaných. [27]

Jako bioindikátory životního prostředí použili včelu medonosnou i v regionu Sarnena Sredna gora v Bulharsku. Studie provedené v roce 2010 byly publikovány v roce 2012 autorem Zhelyazkova I. Biomonitoring byl proveden v šesti vesnicích v blízkosti vojenské oblasti Zmeyovo. Bylo odebráno 56 vzorků včel a včelích exkrementů. Stanovením byly analyzovány těžké kovy (Cu, Zn, Pb, Cd, Co, Ni, Mn a Fe). Analýza byla provedena pomocí AAS v souladu s ISO 11047 a byly prokázány vysoké nadlimitní hodnoty těchto kovů. Dále bylo zjištěno, že prvky Ni, Cd, Co a Pb mají významně vyšší schopnost hromadění ve včelích fekáliích. [28]

Med, jako významný indikátor znečištění, publikuje v roce 2013 kolektiv autorů Tong Steven S. C. a kol. Vzorky byly odebrány z velmi odlišných lokalit (průmyslová zóna, zeleninová úložiště, doly určené k těžbě zinku aj.) v okolí New Yorku. Hodnoty koncentrace antimonu se pohybovaly v rozmezí 0,001 až 0,014 $\mu\text{g/g}$. [29]

Biomonitoringem škodlivých látek pomocí včel se taktéž dlouhodobě zabývá Porrini a kol. Významnou a velmi rozsáhlou prací publikovanou v roce 2005 od výše zmíněných autorů je analýza vzorků medu a těl včel (dohromady přes 100 vzorků). V této práci bylo zjištěno spolehlivějších prezentací výsledků obsahu škodlivin v medu než v těle včel. [30]

Velmi obsáhlá vědecká práce, z pohledu 23 různých chemických prvků v medu, je publikována italskými autory Pisany, A., Protano G., Riccobono, F., z roku 2008. Zkoumané

vzorky medu (51 různých vzorků) pochází z lokality Siena Country (Itálie). V této práci jsou analyzovány koncentrace významných polutantů (Cd, Pb, Hg), ale i jiných prvků (Sb, Al, K, Mg, U aj.). Výsledná uváděná střední hodnota antimonu ve vzorcích medu činí 0,00754 $\mu\text{g Sb/g}$. Koncentrace antimonu ve vzorcích medu se pohybovala od 0,00663 do 0,00924 $\mu\text{g Sb/g}$. V této práci bylo zjištěno velmi hojného obsahu K, Ca, Na a Mg v medu. Hodnoty koncentrace těchto prvků přesahovaly 10 mg/kg medu. Nejvyšší koncentrace byla analyzována u draslíku v průměrné hodnotě 1147 mg/kg medu. [31]

Dalším příkladem může být studie, zveřejněná v roce 2014 autory Wilson Susan C. a kol., zabývající se výskytem antimonu a jeho koncentrací v různých druzích zeleniny a jedlých částech rostlin (ředkev, špenát, listový salát, mrkev aj.). Provedené analýzy se zabývaly mimo jiné i použitými sazenicemi na výsadbu těchto rostlin. Zájmovým územím byl Severní New South Wales (toto území nebylo kontaminováno). Přesný detekční limit antimonu ve vzorku byl uveden v závislosti na druhu zeleniny, avšak maximální hodnota tohoto limitu byla 0,8 $\mu\text{g Sb/g}$. Jak u použitých sazenic, tak u konzumních rostlin byly hodnoty antimonu pod mez detekce ($< 0,8 \mu\text{g Sb/g}$). [22]

Analýzou vzorků medu se zabývá práce zveřejněná v roce 2012 Perna a kol. (Itálie), kde jsou stanoveny taktéž vybrané kovy, ale i některé organické polutanty. Z testovaných kovů bylo nalezeno v medu nejvyšší množství Zn a Fe. [32]

Další prací publikovanou v roce 2001 v Itálii autory Conti, M., E., Botre, F., je sledování rizikových prvků (Cd, Cr a Pb) ve všech včelích produktech (med, pyl, propolis, vosk). Vzorky byly odebrány z oblastí nacházejících se v okolí města Řím a v samotném městě s velmi intenzivní automobilovou dopravou. Aby bylo zabráněno znehodnocení výsledků koncentrace těžkých kovů, v důsledku kontaminace včelích produktů těmito kovy nepřímo, byly kovové části úlů zhotoveny ze součástí neobsahující tyto kovy. Naměřené hodnoty v centru města byly mnohonásobně vyšší než hodnoty z okolního prostředí. Lze tedy usoudit, že včela medonosná může být prezentována jako bioindikátor znečištění životního prostředí. [33]

2.1.1 Chemické vlastnosti a působení antimonu na lidský organismus

Antimon je často přirovnáván k olovu popř. arsenu z pohledu svých toxických účinků. [14] Pak se také příznaky akutní i chronické otravy antimonem na lidský organismus dají přirovnat k otravám arsenem. Antimon a jeho sloučeniny jsou po inhalaci z plic rychle expovány ven, naopak při požití je většina sloučenin antimonu zachycena dlouhodobě v trávicím traktu.

K akutním otravám člověka antimonem dochází jen zřídka, nejčastěji se jedná o nešťastné náhody. Častější jsou otravy osob při průmyslové činnosti, příkladem může být práce s pigmenty, které obsahují antimon, proto je velmi důležité dbát na bezpečnostní předpisy.

Z pohledu běžného života se člověk nejčastěji setká s antimonem v potravě. [13]

Toxické účinky antimonu na člověka závisí na jeho oxidačním stavu a chemické formě. [23]. Obecně je tedy známo, že sloučeniny antimonu s oxidačním číslem III budou toxičtější než sloučeniny s oxidačním číslem V. [19]

Samotný antimon ve formě Sb^{3+} iontu vykazuje výraznou afinitu k buňkám. Má schopnost kumulace v játrech, ale významná část je vylučována z těla ven přes ledviny močí. V případě akutní intoxikace dochází k bolestem hlavy, zvracení, poškození jater i ledvin. Podobně i při chronické otravě jsou zasaženy játra. U dětí dochází k metabolickým poruchám, především v růstu. [14] Smrtelná dávka trojmocných sloučenin antimonu je uváděna 0,5 až 1 g Sb/ člověka (průměrná váha 70 kg).

Při vdechování par nebo prachu antimonu především u pracovníků v průmyslovém odvětví s antimonem, dochází ke vzniku modrého lemu na dásních, poškození horních cest dýchacích, zánětů spojivek a rohovky. V případě zasažení pokožky, zvláště při pocení, může dojít k otravám počínajícím hnisavou rýmou. V tomto případě jsou nejčastěji zasaženy lidé pracující s barvami obsahující antimon. [34]

Jak již bylo zmíněno, původcem antimonu v ovzduší jsou motorová vozidla. Doposud prováděné studie, publikovány v roce 2009 autory Waldo Quiroz a kol., prokázaly, že dělníci pracující v hustém automobilovém provozu jsou silně ovlivněni emisemi antimonu. V jejich krvi byla naměřena koncentrace antimonu 5 krát až 10 krát vyšší než u osob nepřícházejících do styku se zvýšenou automobilovou dopravou. [21]

Tolerovaný denní příjem, uváděn vědeckou studií v časopise Science of The Total Environment z roku 2011 autory Fengchang Wu a kol., je 360 $\mu\text{g}/\text{den}/\text{osoba}$. [35]

Některé významné sloučeniny antimonu a jejich působení na lidský organismus:

Stiban (Sb_3H)

Plyn s dráždivým účinkem, výrazně postihující ústřední nervovou soustavu, [34] po kontaktu s kůží může vyvolat vředy.

Oxid antimonitý (Sb_2O_3) a oxid antimoničný (Sb_2O_5)

Netoxické sloučeniny pro jejich nerozpustnost.

Vinan antimonylodraselný $K(SbO)(C_4H_4O) \cdot \frac{1}{2} H_2O$

(taktéž nazýván jako dávivý kámen)

Jedna z nejtoxičtějších sloučenin antimonu, která při požití dávky 0,1 až 0,13 g může způsobit smrt. [14]

2.2 Legislativní prvky vztahující se k výskytu antimonu v medu a všech produktech

Kontaminace všech složek životního prostředí se jednoznačně promítne i v kvalitě potravin v celém potravinovém řetězci, včetně člověka.

Legislativa zabývající se problematikou kontaminantů v životním prostředí se tedy neustále zpřísňuje. [10]

Pro kontrolu potravin živočišného původu určených lidské spotřebě může být kupříkladu nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 854/2004. [36]

Zákon pro celkovou oblast potravin tzv. potravinový zákon je uveden v nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 178/2002. [37]

V současné době Evropská unie nepojednává o přesných limitních hodnotách antimonu v medu. Nicméně o správném označení medu a jeho rozdělení dle vzniku, definici výrobků a vlastnostech medu pojednává směrnice Rady (ES) č. 110/2001. [38]

Evropská Unie se odkazuje na Codex Alimentarius neboli Světový potravinový kodex. Codex Alimentarius je komise určující pravidla při označování potravin, požadavky potravinových přísad, odhaduje rizika kontaminantů a radionuklidů včetně. Dále se zabývá genetickým inženýrstvím a hygienickými požadavky při zpracování, výrobě a uchování po-

travin. [10] V tomto dokumentu je také uvedena limitní hodnota antimonu v některých zemích, jakožto nejvyšší přípustná dávka na kilogram medu, a to 2 mg. [39]

Před vstupem České republiky do Evropské Unie o limitních hodnotách rizikových prvků v potravinách nejvíce pojednávala Vyhláška 298/1997 Ministerstva zdravotnictví, v které byl med zařazen do potravin kategorie B, a následně byly určeny limitní hodnoty těžkých kovů v této kategorii. Byly zde uvedeny těžké kovy, jako je kadmium, rtuť, olovo, měď, arsen, cín aj. Některé z vyjmenovaných rizikových prvků jsou uvedeny v tabulce 1. O antimonu v potravinách kategorie B limitní hodnota schází. [40]

Tabulka 1: Limitní hodnoty některých rizikových prvků pro med, jakožto potravinu typu B, uvedené ve Vyhlášce 298/1997 ministerstva zdravotnictví. [40]

Rizikový prvek	Limitní hodnota přípustné koncentrace [mg/kg]
Cd	0,5
Cu	80
Pb	8
Hg	0,5
As	3

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1 Původ vzorků medu

Jednotlivé vzorky medu byly odebrány od včelařů působících v Základní organizaci Napajedla (ZO Napajedla), jež patří pod Český svaz včelařů. Do ZO Napajedla spadá jak samotné město, tak i přilehlé obce a těmi jsou Halenkovice, Komárov, Oldřichovice, Pohořelice a Žlutava.

Jednotlivá místa odběru jsou zobrazeny na obrázku 3. Uvedených odběrových lokalit je 19, přičemž z každé lokality byl odebrán jeden vzorek.

Jak je již patrné z obrázku 3, vzorky byly odebrány z poměrně antropogenně zatížené oblasti města Napajedla a přiléhajících středů obcí, tak i z velmi klidných oblastí lesů, sadů a nezastavěných částí obcí. Lze tedy předpokládat, že obsah antimonu ve vzorcích medu bude velmi rozdílný v závislosti na daných lokalitách.



Obrázek 3: Místa původu vzorků medu

3.2 Použité chemikálie a laboratorní příslušenství

- Destilovaná voda
- Koncentrovaná kyselina dusičná (HNO₃) 65% pro AAS

- Keramické kelímky (kelímky určené především pro žíhání)
- Skelná vata
- Odměrné baňky o objemu 50 cm³

Dále byly použity ostatní pomůcky využívané při běžné laboratorní práci.

3.3 Použité přístroje

- Analytické váhy, Preciza 120A, Švýcarsko
- Muflová pec MP05-1.1, Jar. Merhaut, Kladno
- AAS GBC 933 AA, Austrálie
- ICP – OES IRIS Intrepid II (Thermo Jarrell Ash, USA)

3.4 Analýza odebraných vzorků medu

3.4.1 Způsob odebrání a uchování vzorků medu

Odebrání vzorků medu proběhlo na místech uvedených na obrázku 3 přímo u včelaře. Každý vzorek medu byl odebrán do vlastní skleněné nádoby pečlivě označené a opatřené uzavíratelným těsnícím víčkem. Dále byly vzorky medu dopraveny do laboratoře, kde byly uchovány až do doby analýzy za laboratorních podmínek.

3.4.2 Mineralizace vzorků medu

Ze skleněné nádoby obsahující vzorek medu bylo odebráno 4 – 6 g vzorku medu a analyticky převedeno do předem zváženého keramického kelímku, který byl pečlivě označen. Poté byl kelímek opět zvážen už s obsahujícím vzorkem medu. Aby bylo možno připravit jeden konečný reprezentativní vzorek medu, musely být připraveny ke každému vzorku medu 3 paralelní podvzorky. Tyto tři paralelní podvzorky byly vloženy do pece a sušeny při teplotě 105 °C do konstantní hmotnosti, což odpovídalo přibližné době sušení 30 minut. Takto vysušené podvzorky byly opět zváženy na analytických vahách.

Podvzorky byly vloženy znovu do sušárny a tentokrát byla provedena suchá mineralizace vzorků při teplotě 650 °C po dobu 12 hodin. Mineralizované podvzorky byly opět zváženy.

Po mineralizaci bylo již k vychladnutým podvzorkům přidáno po 1 ml koncentrované 65% kyseliny dusičné a malé množství vody pro lepší převedení vzorku do odměrné baňky. Podvzorky byly filtrovány přes skelnou vatu, abychom z roztoku odstranili zuhelnatěnou organickou hmotu, do společné baňky o objemu 50 cm³ a baňka byla následně doplněna destilovanou vodou po rysku. Takto připravený roztok vzorku byl uzavřen zátkou, baňka byla popsána a uložena do lednice, kde byla uchována do doby stanovení obsahu antimonu analytickou metodou.

(pozn. veškeré vážení vzorků probíhalo na analytických vahách)

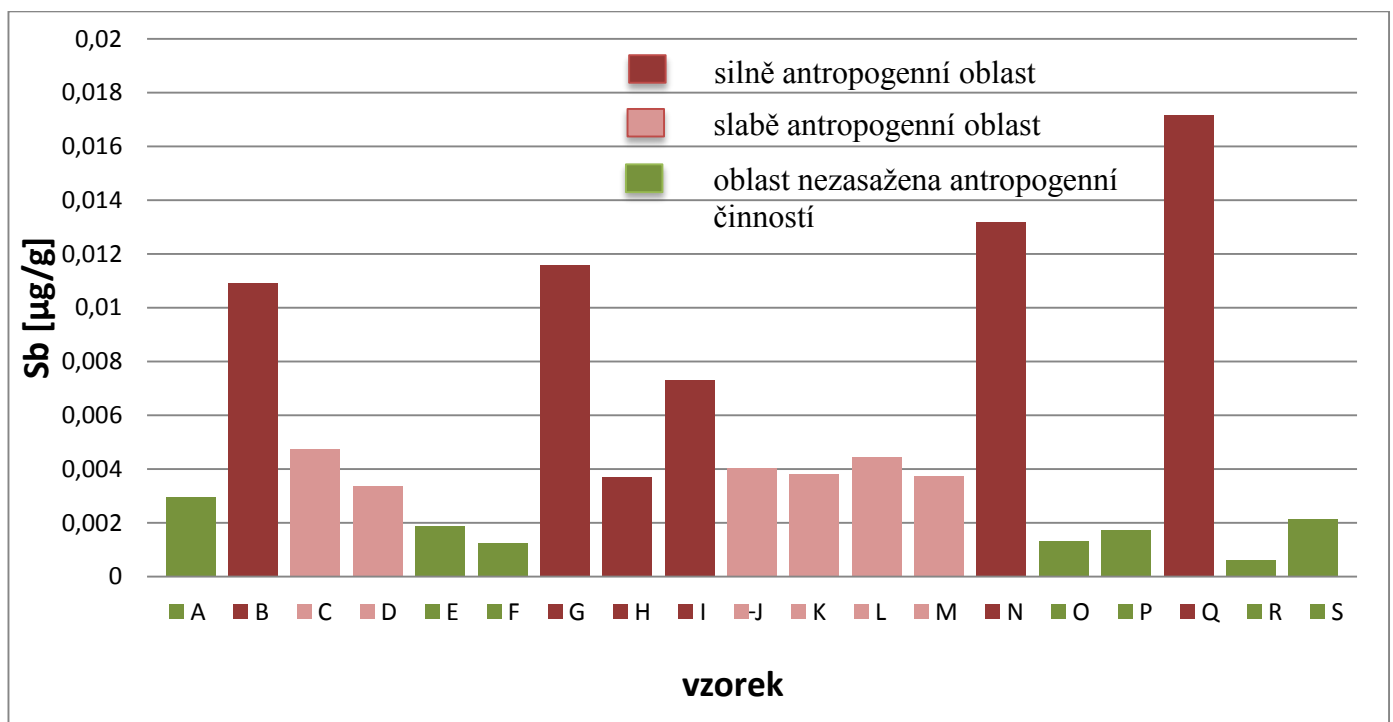
3.4.3 Stanovení rizikových prvků v mineralizovaném vzorku medu

Z laboratorně připravených roztoků vzorků medu byla stanovena analytickou metodou atomové absorpční spektrometrie, pomocí přístroje AAS GBC 933 AA, Austrálie, koncentrace antimonu. Metoda AAS však nebyla dostatečně citlivou metodou pro stanovení antimonu ve vzorcích medu, proto byla provedena opětovná analýza roztoků vzorků medu pomocí analytické metody optická emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem, přístrojem ICP – OES IRIS Intrepid II (Thermo Jarrell Ash, USA), který je schopen detekovat koncentraci antimonu v řádech µg/l.

4 VÝSLEDKY A DISKUZE

Obrázek 4 obsahuje grafické znázornění koncentrace antimonu v jednotlivých vzorcích medu.

Odběrová místa leží ve velmi odlišných lokalitách, tudíž lze na některých výsledcích pozorovat antropogenní činitele. Dle místa odběru vzorku jsou zde zaznačeny možné antropogenní vlivy na daný vzorek. Tmavě červeně jsou zaznačeny oblasti se silným antropogenním vlivem, světle červeně oblasti s nižší antropogenní činností, příkladem mohou být klidné části vesnic, zeleně pak oblasti nezasážené lidskou činností.



Obrázek 4: Grafické znázornění koncentrace antimonu v jednotlivých vzorcích medu

Před podrobnější analýzou daných lokalit je však důležité poznamenat, že včelstvo je schopno sbírat pyl z plochy 5 – 7 km², [3] čímž hodnocení vlivu daného antropogenního činitele nebude zcela přesné. Abychom získali velmi přesné výsledky koncentrace antimonu ve zkoumaných lokalitách, museli bychom dále provést vzorkování půdy, rostlin a jiných složek životního prostředí v těchto oblastech.

Lokality nezasážené antropogenní činností, jejichž součástí jsou oblasti P a R (silně zalesněné oblasti), A i O (oblasti vyskytující se v místech ovocného sadu), obsahují také antimon, ale v mnohem menších koncentracích. Výskyt antimonu v těchto lokalitách může být

zapříčiněn migrací, kumulací a perzistencí této látky v životním prostředí, ostatně tak jako všech těžkých kovů. Antimon je taktéž v přírodě přirozeně obsažen v zemské kůře. Jeho výskyt je ve velmi malém množství 0,2 ppm a je tedy literaturami uváděn v 62. pořadí. [15]

Znatelně zvýšená koncentrace antimonu uvedená v obrázku 4 je viditelná u vzorků medu odebraných z oblastí B, G, N, Q. Všechny tyto vzorky jsou odebrány z oblastí s velmi silnou antropogenní činností, jak lze vidět na obrázku 3. Je však velmi důležité poznamenat, že tyto zvýšené hodnoty koncentrace antimonu ve vzorcích medu se pohybují v řádech $\mu\text{g/g}$, což je velmi hluboko pod limitní mez, která se pohybuje v mg/g , tak jako u ostatních těžkých kovů.

Z obrázku 3 si lze povšimnout, že lokalita G leží v blízkosti železniční tratě a hlavní silnice, zde je možné znečištění automobilovou a vlakovou dopravou, resp. již uvedenými brzdícími destičkami obsahující antimon. Touto výslednou zvýšenou hodnotou antimonu lze potvrdit i výše uvedené studie publikovány v roce 2009 autory Waldo Quiroz a kol., které označují jako silný antropogenní činitel způsobující velké množství emisí antimonu v ovzduší automobilovou či jinou dopravu. Lokality Q a B jsou soustředěny do zastavěných částí obcí, odtud je tedy možná migrace antimonu z velmi pestrých zdrojů znečištění, jakožto přímo stavebními zdroji či odpady z domácností. Poslední místo odběru N leží v poklidné části obce, avšak i tak antropogenně zasažené stavební firmou soustředící se převážně na distribuci kovových předmětů, jejichž součástí pravděpodobně mohou být slitiny obsahující znečišťující látku.

Koncentrací antimonu a dalšími prvky (23) v medu se zabývá výše zmíněná práce, publikována italskými autory Pisany, A., Protano G., Riccobono, F., z roku 2008. Nejvyšší hodnota antimonu v medu byla uvedena $0,00924 \mu\text{g Sb/g}$, tato hodnota je podobná s námi nejvyšší analyzovanou hodnotou antimonu ($0,017 \mu\text{g Sb/g}$). Obě tyto hodnoty byly analyzovány metodou ICP – OES. Vzorky medu (Pisany, A., a kol.) byly odebrány z poměrně antropogenně nezasazené oblasti. Abychom se ještě více přiblížili k námi analyzované nejvyšší hodnotě antimonu, poslouží nám studie publikovaná kolektivem autorů Tong Steven S. C. a kol., zkoumající lokality zasažené antropogenní činností, uvádějící hodnotu $0,014 \mu\text{g Sb/g}$. Tyto hodnoty jsou takměř shodné.

Pro porovnání hodnot koncentrace antimonu ve vzorcích medu nám může sloužit taktéž výše uvedená studie, zveřejněná v roce 2014 autory Wilson Susan C. a kol. Hodnoty koncentrace antimonu se pohybovali v těchto vzorcích v rozmezí 0,0001 až 0,2 $\mu\text{g Sb/g}$. S těmito hodnotami lze porovnat i námi analyzované hodnoty ve zkoumaných vzorcích medu, jejichž koncentrace se vyskytovaly v uvedeném rozmezí, tedy pod daný detekční limit. [22]

4.1 Výpočet maximální denní dávky antimonu v medu

Jak již bylo zmíněno výše, v současné době v ČR, limitní koncentrace antimonu v potravinách resp. v medu není legislativně ošetřena.

Nejvyšší hodnota koncentrace antimonu je obsažena ve vzorku Q a tato hodnota činí 0,017 $\mu\text{g Sb/g}$ sušiny medu. Výše uváděný tolerovaný denní příjem antimonu z potravy je 360 μg na osobu (průměrná váha 70 kg). Abychom mohli vypočítat denní příjem antimonu z tohoto vzorku medu, je nutno, dle typu konzumace spotřebitelů, započítat i obsah vody v medu. Literaturami je obsah vody v medu uváděn v rozmezí 13,4 až 22,9, [3] námi analyzovaný med obsahoval 20,7 % vody. Sušina medu pak byla 79,3%.

Lze tedy vypočítat, z rovnice 1, jaké množství antimonu člověk denně přijme konzumací tohoto medu:

$$c_Q = 0,017 \mu\text{g/g}$$

$$m_1 = 50 \text{ g}$$

$$\varphi = 79,3 \%$$

$$D_{\text{Sb}} = c_Q \cdot m_1 \cdot \varphi \quad (1)$$

$$D_{\text{Sb}} = 0,017 [\mu\text{g/g}] \cdot 50 [\text{g}] \cdot \frac{79,3[\%]}{100 [\%]}$$

$$D_{\text{Sb}} = 0,674 \mu\text{g Sb}$$

Člověk denně přijme při konzumaci tohoto vzorku medu maximálně 0,674 $\mu\text{g Sb}$.

Toto množství antimonu lze vyjádřit procentuálně v závislosti na nejvyšší denní přípustné dávce antimonu na osobu pomocí rovnice 2.

$$D_{Sb\%} = \frac{D_{Sb}}{D_{max}} \quad (2)$$

$$D_{Sb\%} = \frac{0,674 [\mu\text{g}]}{360 [\mu\text{g}]} \cdot 100 [\%]$$

$$D_{Sb\%} = 0,19\%$$

Legenda:

D_{Sb} denní příjem antimonu na osobu [μg]

c_Q koncentrace antimonu ve vzorku Q [$\mu\text{g/g}$]

m_l maximální hmotnost denního příjmu medu – 50 g [g]

φ procentuální zastoupení sušiny v medu [%]

$D_{Sb\%}$ procentuální obsah denního příjmu antimonu na osobu v závislosti na nejvyšším tolerovaným denním příjmem [%]

D_{max} maximální tolerovaný denní příjem antimonu na osobu uváděn literaturami [μg]

Tabulka 2: Denní dávka antimonu na osobu při požití jednotlivých vzorků medu

Vzorek	c_x [$\mu\text{g Sb/g}$]	φ [%]	D_{Sb} [μg]	$D_{Sb\%}$ [%]
A	0,003	83,0	0,120	0,03
B	0,011	78,8	0,430	0,12
C	0,005	82,0	0,183	0,05
D	0,003	83,2	0,141	0,04
E	0,002	79,5	0,074	0,02
F	0,001	84,3	0,055	0,02
G	0,012	83,4	0,480	0,13
H	0,004	85,7	0,158	0,05
I	0,007	84,2	0,307	0,09
J	0,004	84,6	0,055	0,02
K	0,004	82,2	0,156	0,04
L	0,004	79,9	0,176	0,05
M	0,004	82,5	0,154	0,04
N	0,013	85,9	0,558	0,16
O	0,001	82,3	0,053	0,02
P	0,002	82,3	0,070	0,02
Q	0,017	79,3	0,674	0,19
R	0,001	84,1	0,026	0,01
S	0,002	79,3	0,091	0,03

V tabulce 2 jsou uvedeny příslušné denní dávky antimonu ve vzorcích medu. Jak lze z tabulky vyčíst, čím více daný vzorek medu obsahuje antimonu, tím menší množství tohoto medu může člověk denně zkonsumovat. Procentuální množství antimonu v medu v závislosti na maximální přípustné denní dávce antimonu je však tak malé, že lze med denně konzumovat takměř neomezeně.

V ČR se ročně vyprodukuje 4,5 až 7,8 tisíc tun medu. Výnos jednoho včelstva se pohybuje ročně v rozmezí 9 až 14 kg medu. V celkové EU bude produkce medu pak mnohonásobně vyšší, a to 110 tis. tun medu/ rok. Tato hodnota bude odpovídat 12,7 kg medu na jedno včelstvo (bráno při počtu 8 652 643 včelstev). Hodnota spotřeby medu na osobu je v EU 0,7 kg medu/ rok. Přímo v ČR tato hodnota činí na osobu 0,5 kg medu/ rok. [3] Z této studie lze odvodit, že med není denně spotřebován uživateli v takto vysokém měřítku a možná proto jej legislativa nezmiňuje.

ZÁVĚR

Cílem mé práce bylo stanovit rizikový prvek antimon v odebraných vzorcích medu. Zkoumanou lokalitou bylo město Napajedla a jeho blízké okolí. Z provedených analýz odebraných vzorků je patrné, že v oblastech nezasážených antropogenní činností je koncentrace antimonu mnohem menší ve srovnání s oblastmi antropogenní činností zasáženými. Výsledky se rovněž shodují s obdobnými studiemi prováděnými v zahraničí, z nichž vyplývá, že ke zvyšování koncentrací antimonu v životním prostředí dochází především v důsledku antropogenních činností, jako je například výroba a zpracování plastů (PET) nebo zpracování kovů.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KAFKA Z., PUNČOCHÁŘOVÁ J. Těžké kovy v přírodě a jejich toxicita. *Chemické listy* [online]. Praha: Česká společnost chemická, roč. 96, č. 1, s. 611 - 617 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2002_07_05.pdf
- [2] FARMER, J., a kol. Is Environmental Antimony a Potential Health Problem?. *Chinese Journal of Geochemistry* [online]. 2006, roč. 25, č. 1 s. 68-69. ISSN1000-9426. [cit. 2014-05-04] Dostupné z: <http://search.proquest.com.proxy.k.utb.cz/docview/204733976>
- [3] PŘIDAL, A. *Včelí produkty*. 1. vyd. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2003. 95 s. ISBN 80-715-7717-0.
- [4] LISÝ, E., BERÁNEK, V., GEISLER, V. *Včelařská encyklopedie*. 2., přeprac. a rozš. vyd. Praha: SZN, 1956. 815 s.
- [5] TOMŠÍK, B. *Včelařství*. 1. vyd. Praha: Nakladatelství Československé akademie věd, 1953. 565 s.
- [6] HARAGSIM, O. *Včelařské dřeviny*. 1. vyd. Praha: Grada, 2004. 116 s. ISBN 80-247-0833-7.
- [7] HARAGSIM, O. *Medovice a včely*. 2. vyd. Praha: Ve spolupráci s Českým svazem včelařů vydalo nakl. Brázda, 2005. 175 s. ISBN 80-209-0332-1.
- [8] FRANK, R. *Zázračný med*. Líbeznice: Víkend, 2010. 124 s. ISBN 978-80-7433-024-7.
- [9] STOKLASA, K. *Makromolekulární chemie II*. nevydáno. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 87 s.
- [10] PERNA, A., a kol. Metal content of southern Italy honey of different botanical origins and its correlation with polyphenol content and antioxidant activity. *International Journal of Food Science* [online]. 2012, roč. 47, č. 9, s. 1909-1917 [cit. 2013-03-17]. ISSN 09505423. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2012.03050.x. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2621.2012.03050.x>,
- [11] PRUGAR, J. *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí*. 1. vyd. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, 2008. 327 s., [13] s. barev. obr. příl. ISBN 978-808-6576-282.

- [12] PITTER, P., *Hydrochemie*. 3. přepr. vyd. Praha: VŠCHT, 1999. 568 s. ISBN 80-708-0340-1
- [13] BENCKO, V. *Toxické kovy v životním a pracovním prostředí člověka*. 2. přepr. a dopl. vyd. Praha: Grada Publishing, 1995. 282 s. ISBN 80-716-9150-X.
- [14] KUPEC, J. *Toxikologie*. 1. vyd. Brno, Zlín: VUT v Brně, 1999. 176 s. ISBN 80-214-1332-8.
- [15] TOUŽÍN, J. *Stručný přehled chemie prvků*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2003. 225 s. ISBN 80-210-2635-9.
- [16] ŠKRAMOVSKÝ, S., DOSTÁL, K., PODLAHOVÁ, J. *Základy anorganické chemie*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství Praha, 1971. 164 s.
- [17] FU, Z., a kol. Bioaccumulation of antimony, arsenic, and mercury in the vicinities of a large antimony mine, China. *Microchemical Journal* [online]. 2011, roč. 97, č. 1, s. 12-19 [cit. 2014-04-25]. DOI: 10.1016/j.microc.2010.06.004. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0026265X10001268>
- [18] VOJTEKOVÁ, V., a kol. Antimony in Various Environment Components. *Chemické listy* [online]. Praha: Česká společnost chemická, 2014, roč. 108, č. 2, s. 135 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2014_02_135-140.pdf
- [19] REIMANN, C., a kol. Antimony in the environment: Lessons from geochemical mapping. *Applied Geochemistry* [online]. 2010, roč. 25, č. 2, s. 175-198 [cit. 2014-04-25]. DOI: 10.1016/j.apgeochem.2009.11.011. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S088329270900314X>
- [20] AMARASIRIWARDENA, D., WU, F. Antimony: Emerging toxic contaminant in the environment. *Microchemical Journal* [online]. 2011, roč. 97, č. 1, s. 1-3 [cit. 2014-04-25]. DOI: 10.1016/j.microc.2010.07.009. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0026265X10001475>
- [21] QUIROZ, W., a kol. Heavy weight vehicle traffic and its relationship with antimony content in human blood. *Journal of Environmental Monitoring* [online]. 2009, roč. 11, č. 5, s. 1051 [cit. 2014-04-25]. DOI: 10.1039/b815838j. Dostupné z: <http://xlink.rsc.org/?DOI=b815838j>

- [22] WILSON, S., C., a kol. Food crop accumulation and bioavailability assessment for antimony (Sb) compared with arsenic (As) in contaminated soils. *Environmental Science and Pollution Research* [online]. 2014 [cit. 2014-05-13]. DOI: 10.1007/s11356-014-2577-5. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s11356-014-2577-5>
- [23] SÁNCHEZ-MARTÍNEZ, M., a kol. Migration of antimony from PET containers into regulated EU food simulants. *Food Chemistry* [online]. 2013, roč. 141, č. 2, s. 816-822 [cit. 2014-04-25]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.03.067. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814613003798>
- [24] BENTZIEN, C. *Ekologický chov včel: včelaření podle pravidel přírody*. Praha: Víkend, 2008. 119 s. ISBN 978-80-86891-86-6.
- [25] SLAVÍK, R. a JULINOVÁ, M., Biomonitoring životního prostředí pomocí včel a jejich produktů - část I: rizikové prvky. *Moderní včelař: nový včelařský časopis*. 2012. IX. (2012), 3/2012 (léto), s. 102-105. ISSN 1214-5793,
- [26] *Rizikové látky v půdě ve vztahu k životnímu prostředí*, 2008 [online]. Praha: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. [cit. 2014-04-25]. Dostupné z: [http://eagri.cz/public/web/ukzuz/vyhledavani/index\\$41111.html?query=antimon&segments=eagri.kzuz](http://eagri.cz/public/web/ukzuz/vyhledavani/index$41111.html?query=antimon&segments=eagri.kzuz)
- [27] HŘIVINA, L., HLUŠEK J. Přínos včelstva pro indikaci těžkých kovů. *Včelařství*. 1989. s. 148-149
- [28] ZHEYLAZKOVA, I. Honeybees – Bioindicators for environmental quality. *Bulgarian journal of agricultural science* [online]. 2012, roč. 18, č. 3, s. 435 - 442. [cit. 2014-04-25]. ISSN 1310-0351. Dostupné z: http://apps.webofknowledge.com.proxy.k.utb.cz/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=1&SID=P2yJlhIPZOuxToVem9o&page=1&doc=2
- [29] TONG, S., S., C. a kol. Elemental analysis of honey as an indicator of pollution. *Achieves of environmental health* [online]. 2013, roč. 30, č. 7, s. 329 – 332 [cit. 2014-05-04]. DOI: 10.1080/00039896.1975.10666715. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00039896.1975.10666715#.U3JtTHZGnIU>

- [30] PORRINI, C., a kol. Honey bees and bee products as monitors of the environmental contaminantion. *APIACTA*, 2003.
- [31] PISANY, A., PROTANO, G., RICCOBONO, F. Minor and trace elements in different honey types produced in Siena Country (Italy). *Food chemistry* [online]. 2008, roč. 107, č. 4, s. 1553 – 1560 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com.proxy.k.utb.cz/science/article/pii/S0308814607009454>
- [32] PERNA, A., a kol. Metal content of southern Italy honey of different botanical origins and its correlation with polyphenol content and antioxidant activity. *International Journal of Food Science* [online]. 2012, roč. 47, č. 9, s. 1909-1917 [cit. 2014-05-04]. ISSN 09505423. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2012.03050.x. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2621.2012.03050.x>
- [33] CONTI, M., BOTRÈ, E., BOTRÈ, F. Honeybees and their products as potential bioindicators of heavy metals contamination. *Environmental Monitoring and Assessment* [online]. 2001, roč. 69, č. 3, s. 267-282. [cit. 2014-05-04] DOI: 10.1023/A:1010719107006. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1023/A:1010719107006>
- [34] LAZAREV, N. V. *Chemické jedy v průmyslu*. Praha: Státní zdravotnické nakladatelství, 1959. 723 s.
- [35] WU, F., a kol. Health risk associated with dietary co-exposure to high levels of antimony and arsenic in the world's largest antimony mine area. *Science of The Total Environment* [online]. 2011, roč. 409, č.18, s. 3344-3351 [cit. 2014-04-25]. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2011.05.033. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969711005365>
- [36] Evropský Parlament a Rada (ES). *Narizení č. 854/2004*: kterým se stanoví zvláštní pravidla pro organizaci úředních kontrol produktů živočišného původu určených k lidské spotřebě. Brusel, 2004. [cit. 2014-04-25]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32004R0854:CS:HTML>

- [37] Evropský Parlament a Rada (ES). *Nářizení č. 178/2002*: kterým se stanoví obecné zásady a požadavky potravinového práva, zřizuje se Evropský úřad pro bezpečnost potravin a stanoví postupy týkající se bezpečnosti potravin. Brusel, 2002. [cit. 2014-04-25]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=CELEX:32002R0178>
- [38] Evropský Parlament a Rada (ES). *Směrnice 2001/110*: o medu. Brusel, 2001. [cit. 2014-04-25]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=CELEX:32001L0110>
- [39] Codex Alimentarius Commission 1983. *Alinorm 83/14*: Food standarts. [cit. 2014-04-25]. Dostupné z: <http://www.codexalimentarius.org/search-results/?cx=018170620143701104933%3Ai-zresgmx-ec&cof=FORID%3A11&q=+antimony&sa.x=13&sa.y=11&siteurl=http%3A%2F%2Fwww.codexalimentarius.org%2F&siteurl=www.codexalimentarius.org%2F&ref=www.codexalimentarius.org%2Fabout-codex%2Fen%2F&ss=>
- [40] Česká republika. *Vyhláška 298/1997 Sb.*: kterou se stanoví chemické požadavky na zdravotní nezávadnost jednotlivých druhů potravin a potravinových surovin, podmínky jejich použití, jejich označování na obalech, požadavky na čistotu a identitu přídatných látek a potravních doplňků a mikrobiologické požadavky na potravní doplňky a látky přídatné. Praha, 1997. [cit. 2014-04-25]. Dostupné z: <http://www.sagit.cz/pages/sbirkatxt.asp?zdroj=sb99003&cd=76&typ=r>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ICP – OES Optická emisní spektrometrie s využitím indukčně vázaným plazmatem

ÚKZUZ Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský

ZO Základní organizace

AAS Atomová absorpční spektrometrie

ČR Česká republika

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Oboustranný vliv v systému včelstvo a příroda [23].....	19
Obrázek 2: Interakce včely medonosné s životním prostředím a znázorněné možnosti odběru vzorku pro provedení biomonitoring [24].....	20
Obrázek 3: Místa původu vzorků medu.....	27
Obrázek 4: Grafické znázornění koncentrace antimonu v jednotlivých vzorcích medu.	30

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Limitní hodnoty některých rizikových prvků pro med, jakožto potravinu typu B, uvedené ve Vyhlášce 298/1997 ministerstva zdravotnictví [37].....	25
Tabulka 2: Denní dávka antimonu na osobu při požití jednotlivých vzorků medu.....	35